

Imaging lens

Patent Number: ☐ US6181477
Publication date: 2001-01-30
Inventor(s): OKAJIMA KOJI (JP)
Applicant(s): SONY CORP (US)
Requested Patent: ☒ JP2000035533
Application Number: US19990354451 19990715
Priority Number(s): JP19980203445 19980717
IPC Classification: G02B3/00; G02B13/04
EC Classification: G02B13/00, G02B9/04
Equivalents:

Abstract

In an imaging lens unit configured of two lenses, the deterioration of the optical performance due to the eccentricity is suppressed for an improved assembling property, while at the same time correcting the various aberrations in satisfactory manner. A meniscus first lens (L1) having a weak refracting power, and a meniscus second lens (L2) having positive refracting power with the convex surface thereof directed toward the image surface are arranged sequentially from the object side toward the image surface (IMG). The conditions $f2/f > 0.9$ and $nd2 > 1.55$ are met, where f is the focal length of the whole lens system, $f2$ the focal length of the second lens, and $nd2$ the refractive index on the d line of the second lens

Data supplied from theesp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-35533

(P2000-35533A)

(43)公開日 平成12年2月2日(2000.2.2)

(51)Int.Cl.⁷

G 0 2 B 9/08
13/08

識別記号

F I

G 0 2 B 9/08
13/08

テマコード(参考)

2 H 0 8 7

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平10-203445

(22)出願日 平成10年7月17日(1998.7.17)

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 岡島 厚二

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(74)代理人 100069051

弁理士 小松 祐治

Fターム(参考) 2H087 KA02 KA03 KA10 KA18 LA01

PA02 PA17 PB02 QA02 QA07

QA12 QA17 QA21 QA32 QA41

QA42 RA05 RA12 RA13 RA32

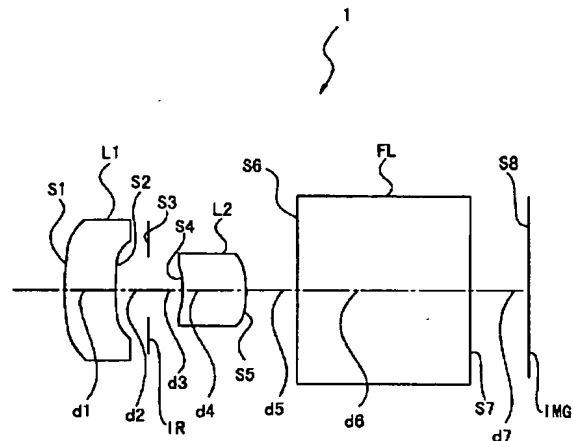
RA42 RA43

(54)【発明の名称】 撮像レンズ

(57)【要約】

【課題】 2枚構成の撮像レンズにおいて、偏心による光学性能の劣化を抑制して組み立て性を向上させると共に、各種収差の補正も良好に行うことができるようにする。

【解決手段】 物体側から像面IMG側へと順に、屈折力の弱いメニスカス形状の第1レンズL1と、正の屈折力を有し、像面側に凸面を向けたメニスカス形状の第2レンズL2とによって構成し、 f をレンズ全系の焦点距離、 f_2 を第2レンズの焦点距離、 n_{d2} を第2レンズのd線における屈折率とすると、 $f_2/f > 0.9$ 、 $n_{d2} > 1.55$ の各条件を満足するようにした。



1…撮像レンズ
L1…第1レンズ
L2…第2レンズ
IMG…像面

【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体側から像面側へと順に、屈折力の弱いメニスカス形状の第1レンズと、正の屈折力を有し、像面側に凸面を向けたメニスカス形状の第2レンズとによって構成され、以下の条件を満足することを特徴とする撮像レンズ。

$$f2/f > 0.9$$

$$nd2 > 1.55$$

但し、

f ：レンズ全系の焦点距離、

$f2$ ：第2レンズの焦点距離、

$nd2$ ：第2レンズの d 線（波長587.6nm）における屈折率、とする。

【請求項2】 以下の条件を満足することを特徴とする請求項1に記載の撮像レンズ。

$$|f1/f| > 3.5$$

$$0.2 < d1/f < 0.35$$

$$0.65 < |exp/l|$$

但し、

$f1$ ：第1レンズの焦点距離、

$d1$ ：第1レンズの中心部における厚み、

exp ：像面から射出瞳までの距離、

l ：第1レンズの物体側の面の頂点から像面までの距離（フィルターを除く空气中換算）、とする。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、性能を劣化させないで組み立て性を向上させた小型の撮像レンズに関する。

【0002】

【従来の技術】従来の小型の撮像レンズとして、所謂レンズ付きフィルム等の簡易型カメラ用として考案された撮像レンズがある。例えば、特開平4-211215号公報、特開平5-281465号公報及び特開平6-258574号公報には、2枚構成の撮像レンズが開示されている。

【0003】また、上記公報に記載されたような2枚構成の撮像レンズの他の用途のものとしては、ファクシミリ等の読み取り光学系用のものとして特開平8-5910号公報、内視鏡用として特開平5-341185号公報に記載されたものがある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記した従来の小型の撮像レンズにあっては、以下に示すような問題があった。

【0005】即ち、特開平4-211215号公報及び特開平5-281465号公報に記載された撮像レンズは、感光体である銀塩フィルムの表面の湾曲によって像面を補正し、更に開放F値が9乃至11程度と暗いため、銀塩フィルムの代わりに撮像素子（以下、CCD）

を用いた撮像機器の撮像レンズとしては適さないものである。

【0006】特開平6-258574号公報及び特開平8-5910号公報に記載された撮像レンズにあっては、小型化を図るため物体側より順に正の屈折力を有するレンズと負の屈折力を有するレンズによって構成された、所謂テレフォトタイプであるので射出光線の角度が大きく、感光体としてCCDを用いると色ずれが起こってしまい、更に、CCDを用いた撮像機器には必須の赤外光のカット用及びローパス用の各フィルタを配置するスペースを確保することが困難なものである。

【0007】また、内視鏡用として考案された特開平5-341185号公報に記載の撮像レンズにあっては、物体側より順に負の屈折力を有するレンズと正の屈折力を有するレンズによって構成され、これらレンズの間に絞りを配置し、感光体としてはCCDが用いられているが、絞りに対して非対称な屈折力の配置によって歪曲収差が発生すると共に、2枚のレンズの偏心によって光学性能が劣化してしまうため、高い組立精度を要するものである。

【0008】従って、本発明は、2枚構成の撮像レンズにおいて、偏心による光学性能の劣化を抑制して組み立て性を向上させると共に、各種収差の補正も良好に行うことができるようにすることを課題とするものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明撮像レンズは、物体側から像面側へと順に、屈折力の弱いメニスカス形状の第1レンズと、正の屈折力を有し、像面側に凸面を向けたメニスカス形状の第2レンズとによって構成し、 f をレンズ全系の焦点距離、 $f2$ を第2レンズの焦点距離、 $nd2$ を第2レンズの d 線における屈折率とすると、 $f2/f > 0.9$ 、 $nd2 > 1.55$ の各条件を満足するようにしたものである。

【0010】従って、2枚のレンズによって、小型で、歪曲収差が良好に補正された撮像レンズを構成することが可能となる。

【0011】

【発明の実施の形態】以下に、本発明撮像レンズの実施の形態について、添付図面を参照して説明する。尚、図1乃至図4は第1の実施の形態1を、図5乃至図8は第2の実施の形態1Aを、図9乃至図12は第3の実施の形態1Bを、図13乃至図16は第4の実施の形態1Cを、図17乃至図20は第5の実施の形態1Dをそれぞれ示すものである。

【0012】初めに、各実施の形態における共通事項について説明する。

【0013】尚、以下の説明において、「 S_i 」は物体側から数えて i 番目の面を、「 R_i 」は上記面 S_i の曲率半径を、「 d_i 」は面 S_i と面 S_{i+1} との間の光軸上における面間隔を、「 nd_i 」は第 i レンズ（ $nd3$

はフィルタ)のd線における屈折率を、「ndi」は第iレンズ(nd3はフィルタ)のd線におけるアッペ数を、「f」はレンズ全系の焦点距離を、「Fno.」は開放F値を、「ω」は半面角をそれぞれ示すものとする。

【0014】また、レンズ面の非球面形状は、
$$Z = (H^2/r) / [1 + \sqrt{1 - \{K+1\} \cdot \{H/r\}^2}] + A4 \cdot H^4 + A6 \cdot H^6 + A8 \cdot H^8 + A10 \cdot H^{10}$$

にて定義されるものとする。

【0015】ここで、「Z」はレンズ面の任意の点のレンズ頂点の接平面からの光軸方向の距離を、「r」は曲率半径を、「H」は光軸からの距離($H = \sqrt{X^2 + Y^2}$)を、「K」は円錐定数をそれぞれ示し、また、C4、C6、C8及びC10は、それぞれ4次、6次、8次及び10次の非球面係数である。

【0016】第1乃至第5の実施例における撮像レンズ1、1A、1B、1C及び1Dはそれぞれ、図1、図5、図9、図13及び図17に示すように、物体側から像面側へと順に、屈折力の弱いメニスカス形状の第1レンズL1と、正の屈折力を有し、像面側に凸面を向けたメニスカス形状の第2レンズL2とによって構成されたレンズ系を有するものである。尚、上記第1レンズL1と第2レンズL2との間には絞りIRが配設されると共に、第2レンズL2と像面(撮像面)IMGとの間にはフィルタFLが配設される。

【0017】また、撮像レンズ1、1A、1B、1C及び1Dは、f2を第2レンズL2の焦点距離、nd2を第2レンズL2のd線における屈折率とすると、 $f2/f > 0.9$ (以下、「条件式1」という。)及び $nd2 > 1.55$ (以下、「条件式2」という。)を満足するようにされたものである。

【0018】更に、f1を第1レンズの焦点距離、d1を第1レンズの中心部における厚み、expを像面IMGから射出瞳(exit pupil)までの距離、lを第1レンズL1の物体側の面S1の頂点から像面IMGまでの距離(フィルターを除く空气中換算)とすると、 $|f1/f| > 3.5$ (以下、「条件式3」という。)、 $0.2 < d1/f < 0.35$ (以下、「条件式4」という。)及び $0.65 < |exp/l|$ (以下、「条件式5」という。)を満足するようにされたものである。

【0019】以下に、上記各条件式について説明する。

【0020】条件式1は、第2レンズL2の屈折力を制限するものであり、 $f2/f$ の値が条件式1で規定された範囲外(0.9以下)となると、第2レンズL2と像

面IMGとの間にフィルタFLを配設するための十分なバックフォーカスの値を確保することが困難になる。

【0021】ところで、 $f2/f$ の値が条件式1で規定された範囲外の時に、十分なバックフォーカスを得るために第1レンズL1の屈折力を負の側に寄せると、第1レンズL1及び第2レンズL2がそれぞれ、絞りIRを挟んで負及び正の非対称な配置を有する構成となって、歪曲収差が大きくなってしまう。

【0022】尚、具体的には、第2レンズの像面側の面S4の曲率半径r4は、 $r4 > 1$ とするのが望ましい。

【0023】条件式2は、第2レンズL2の形状を規定するものであり、第2レンズL2のd線における屈折率が1.55以下となると、第2レンズL2がメニスカス形状を維持することができずに両面凸のレンズとなり、レンズ全系のバックフォーカスが短くなると共に、偏心に対する感度が高くなってしまい、更に、ベッツパールの増大によって非点収差が大きくなり、サジタル像面及びメリディオナル像面における非点収差のバランスが維持できなくなる。

【0024】条件式3は、第1レンズの周辺形状を規定するものである。

【0025】即ち、第1レンズL1は、歪曲収差及び周辺光束(下光線)のコマフレアを補正するものである。で、屈折力が大きいと、コマフレアの発生が大きくなって、これを補正するための非球面形状が複雑になってしまう。そして、非球面形状が複雑になると、レンズ面の加工が困難となり、組立時においても、偏心に対する感度も高くなってしまう。

【0026】条件式4は、第1レンズL1の中心部の厚みを制限するものであり、 $d1/f$ の値が0.2以下となると、第1レンズL1の強度が不足して面形状を安定して保てなくなる。逆に、 $d1/f$ の値が0.35以上になると、第1レンズL1が大型化すると共に、周辺光束の収差を補正するために高次の非球面項の効きを大きくする必要が生じると共に、偏心によってフレアが発生して、結像性能の劣化を招きやすくなる。

【0027】条件式5は、像面IMGからの射出瞳の距離を制限するものであり、 $|exp/l|$ の値が0.65以下になると、CCDへの射出光束の傾きが大きくなって、CCDの受光面の周辺部における光量の低下が目立つこととなってしまう。

【0028】次に、各実施の形態の詳細を示す。

【0029】表1に第1の実施の形態における撮像レンズ1の各値を示す。

【0030】

【表1】

i	R i	d i	n d i	ν d i
1	9.520	0.70	1.80610	40.9
2	7.957	0.40	1.80610	40.9
3	絞り	0.49	1.51680	64.2
4	-3.653	0.85		
5	-1.500	0.70		
6	∞	2.34		
7	∞	0.80		
8	像面			

【0031】表2に非球面によって構成される面S1、S2、S4及びS5の第4次、第6次、第8次及び第10次の非球面係数A4、A6、A8及びA10を示す。

【0032】

【表2】

S i	K	A 4	A 6	A 8	A 1 0
S 1	0	6.29638E-02	1.47271E-02	-3.55633E-03	3.13352E-03
S 2	0	1.37695E-01	1.45357E-01	-1.13795E-01	2.43694E-01
S 4	0	-3.00000E-02	1.10000	-6.00000	1.03000E+01
S 5	0	3.82467E-02	-1.31965E-01	4.84674E-01	-5.66558E-01

【0033】尚、上記表2中の「E」は、10を底とする指数表現を意味するものとする（後述する表5、表8及び表11においても同様。）。

【0034】表3に撮像レンズ1の各条件式の値及びf、Fno.、 ω の各値を示す。

【0035】

【表3】

f_2/f	0.95
nd_2	1.80610
$ f_1/f $	26.7
d_1/f	0.250
$ exp/l $	0.685
f	2.80
Fno.	2.84
ω	28.8

【0036】図2乃至図4に撮像レンズ1における球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図を示す。また、球面収差図において、実線はe線（波長546.1nm）、破線はC線（波長656.3nm）、一点鎖線はg線（波長435.8nm）における値をそれぞれ示し、非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面における値をそれぞれ示すものである。

【0037】表4に第2の実施の形態における撮像レンズ1Aの各値を示す。

【0038】

【表4】

i	R i	d i	n d i	ν d i
1	3.259	0.70	1.80610	40.9
2	4.187	0.25	1.71300	53.8
3	絞り	0.37	1.51680	64.2
4	-1.862	1.14		
5	-1.200	0.64		
6	∞	2.34		
7	∞	0.70		
8	像面			

【0039】表5に非球面によって構成される面S1、
S2、S4及びS5の第4次、第6次、第8次及び第1
0次の非球面係数A4、A6、A8及びA10を示す。

【0040】

【表5】

S i	K	A 4	A 6	A 8	A 1 0
S 1	0	5.65682E-02	-4.34670E-02	6.12345E-02	-2.41562E-02
S 2	0	1.21056E-01	-2.33749E-01	5.80000E-01	-5.23491E-01
S 4	0	-2.54895E-01	1.14087	-6.49698	1.01318E+01
S 5	0	3.08026E-02	-1.15545E-01	3.12976E-01	-2.96686E-01

【0041】表6に撮像レンズ1Aの各条件式の値及び
f、Fno.、 ω の各値を示す。

【0042】

【表6】

f_2/f	0.98
n d 2	1.71900
$ f_1/f $	4.8
d_1/f	0.250
$ exp/l $	0.748
f	2.80
Fno.	2.45
ω	28.4

【0043】図6乃至図8に撮像レンズ1Aにおける球
面収差図、非点収差図及び歪曲収差図を示す。また、球
面収差図において、実線はe線、破線はC線、一点鎖線
はg線における値をそれぞれ示し、非点収差図におい
て、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面
における値をそれぞれ示すものである。

【0044】表7に第3の実施の形態における撮像レン
ズ1Bの各値を示す。

【0045】

【表7】

i	R i	d i	n d i	ν d i
1	6.140	0.70	1.80610	40.9
2	4.722	0.33	1.71300	53.8
3	絞り	0.46	1.51680	64.2
4	-2.695	1.08		
5	-1.200	0.62		
6	∞	2.34		
7	∞	0.73		
8	像面			

【0046】表8に非球面によって構成される面S1、
S2、S4及びS5の第4次、第6次、第8次及び第1
0次の非球面係数A4、A6、A8及びA10を示す。

S i	K	A 4	A 6	A 8	A 1 0
S 1	0	8.52011E-02	-3.38570E-02	3.29758E-02	-6.42900E-03
S 2	0	2.00909E-01	-1.69322E-01	4.45012E-01	-1.50427E-01
S 4	0	-1.27562E-01	3.18856E-01	-2.00083	2.86738
S 5	0	1.32522E-02	3.73996E-02	-7.65258E-02	5.76368E-02

【0048】表9に撮像レンズ1Aの各条件式の値及び
f、Fno.、 ω の各値を示す。

【0049】
【表9】

f 2 / f	0.93
nd 2	1.71300
f 1 / f	12.9
d 1 / f	0.280
exp / l	0.715
f	2.50
Fno.	2.45
ω	31.4

【0047】
【表8】

【0050】図10乃至図12に撮像レンズ1Bにおけ
る球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図を示す。ま
た、球面収差図において、実線はe線、破線はC線、一
点鎖線はg線における値をそれぞれ示し、非点収差図に
おいて、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像
面における値をそれぞれ示すものである。

【0051】表10に第4の実施の形態における撮像レ
ンズ1Cの各値を示す。

【0052】
【表10】

i	R i	d i	nd i	$v d i$
1	-6.120	0.70	1.80610	40.9
2	-8.202	0.40	1.58913	61.2
3	絞り	0.38	1.51680	64.2
4	-4.972	0.91		
5	-1.200	0.42		
6	∞	2.34		
7	∞	0.83		
8	像面			

【0053】表11に非球面によって構成される面S
1、S2、S4及びS5の第4次、第6次、第8次及び
第10次の非球面係数A4、A6、A8及びA10を示

す。

【0054】
【表11】

S i	K	A 4	A 6	A 8	A 1 0
S 1	0	1.70974E-01	-8.51563E-02	5.20915E-02	-1.19933E-02
S 2	0	2.83341E-01	-9.10967E-02	1.60000E-01	2.74470E-02
S 4	0	1.24459E-01	-1.32952	7.61457	-1.29157E+01
S 5	0	1.01500E-01	-5.07797E-01	2.47788	-3.43280

【0055】表12に撮像レンズ1Cの各条件式の値及

びf、Fno.、 ω の各値を示す。

【0056】

【表12】

$f2/f$	1.02
$nd2$	1.58913
$ f1/f $	14.6
$d1/f$	0.292
$ exp/l $	0.693
f	2.40
$Fno.$	3.00
ω	32.0

【0057】図14乃至図16に撮像レンズ1Cにおける球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図を示す。また、球面収差図において、実線はe線、破線はC線、一点鎖線はg線における値をそれぞれ示し、非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面における値をそれぞれ示すものである。

【0058】表13に第5の実施の形態における撮像レンズ1Dの各値を示す。

【0059】

【表13】

i	Ri	di	ndi	udi
1	4.014	0.70	1.80610	40.9
2	6.875	0.26	1.58913	61.2
3	絞り	0.18	1.51680	64.2
4	-1.644	1.07		
5	-1.050	0.63		
6	∞	2.34		
7	∞	0.72		
8	像面			

【0060】表14に非球面によって構成される面S

1、S2、S4及びS5の第4次、第6次、第8次及び第10次の非球面係数A4、A6、A8及びA10を示

す。

【0061】

【表14】

Si	K	A4	A6	A8	A10
S1	0	6.6977E-02	-4.30707E-02	7.51205E-02	-4.0747E-02
S2	0	1.41687E-01	-2.10835E-01	5.29713E-01	-7.50323E-01
S4	0	-2.46256E-01	9.27029E-01	-6.41748	1.07157E+01
S5	0	2.98176E-02	-6.02561E-02	3.77810E-01	-4.94721E-01

【0062】表15に撮像レンズ1Dの各条件式の値及びf、Fno.、 ω の各値を示す。

【0063】

【表15】

$f2/f$	1.05
$nd2$	1.58913
$ f1/f $	3.8
$d1/f$	0.250
$ exp/l $	0.781
f	2.80
$Fno.$	2.83
ω	28.6

【0064】図18乃至図20に撮像レンズ1Dにおける球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図を示す。また、球面収差図において、実線はe線、破線はC線、一

点鎖線はg線における値をそれぞれ示し、非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面における値をそれぞれ示すものである。

【0065】このように、本発明撮像レンズにおいては、第1レンズL1の非球面によって歪曲収差及びコマフレアが良好に補正されるため、レンズの偏心による光学性能の低下を抑制することが可能になって、レンズの偏心に対する感度を低くして部品精度を緩くすることにより組立性が向上した、2枚構成の小型のレンズ系を得ることが可能である。

【0066】尚、前記各実施の形態において示した各部の具体的な形状及び構造は、何れも本発明を実施するに当たっての具体化のほんの一例を示したものに過ぎず、これらによって本発明の技術的範囲が限定的に解釈されることがあってはならないものである。

【0067】

【発明の効果】以上に記載したところから明らかなように本発明撮像レンズは、物体側から像面側へと順に、屈折力の弱いメニスカス形状の第1レンズと、正の屈折力を有し、像面側に凸面を向けたメニスカス形状の第2レンズとによって構成し、fをレンズ全系の焦点距離、f2を第2レンズの焦点距離、nd2を第2レンズのd線における屈折率とすると、 $f2/f > 0.9$ 、 $nd2 > 1.55$ の各条件を満足するようにしたので、2枚のレンズによって、小型で、且つ、歪曲収差が良好に補正された撮像レンズを構成することができる。

【0068】また、請求項2に記載した発明にあっては、f1を第1レンズの焦点距離、d1を第1レンズの中心部における厚み、expを像面から射出瞳までの距離、lを第1レンズの物体側の面の頂点から像面までの距離（フィルターを除く空气中換算）とすると、 $|f1/f| > 3.5$ 、 $0.2 < d1/f < 0.35$ 、 $0.65 < |exp/l|$ の各条件を満足するようにしたので、レンズの偏心によって光学性能が劣化しなくなるので、レンズの偏心に対する感度を低く設定することができ、これに伴って、レンズの部品精度を緩くすることに

よる撮像レンズの組立性も向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図2乃至図4と共に本発明撮像レンズの第1の実施の形態を示すものであり、本図はレンズ構成を概略的に示す図である。

【図2】球面収差図である。

【図3】非点収差図である。

【図4】歪曲収差図である。

【図5】図6乃至図8と共に本発明撮像レンズの第2の実施の形態を示すものであり、本図はレンズ構成を概略的に示す図である。

【図6】球面収差図である。

【図7】非点収差図である。

【図8】歪曲収差図である。

【図9】図10乃至図12と共に本発明撮像レンズの第3の実施の形態を示すものであり、本図はレンズ構成を概略的に示す図である。

【図10】球面収差図である。

【図11】非点収差図である。

【図12】歪曲収差図である。

【図13】図14乃至図16と共に本発明撮像レンズの第4の実施の形態を示すものであり、本図はレンズ構成を概略的に示す図である。

【図14】球面収差図である。

【図15】非点収差図である。

【図16】歪曲収差図である。

【図17】図18乃至図20と共に本発明撮像レンズの第5の実施の形態を示すものであり、本図はレンズ構成を概略的に示す図である。

【図18】球面収差図である。

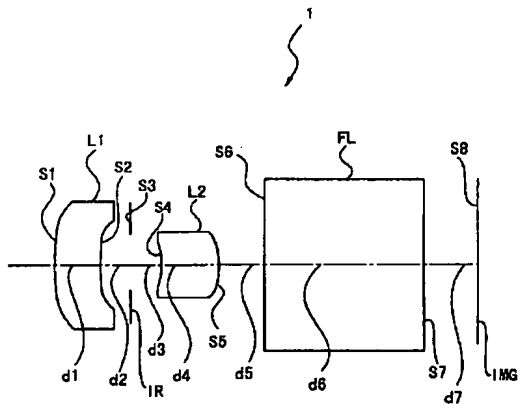
【図19】非点収差図である。

【図20】歪曲収差図である。

【符号の説明】

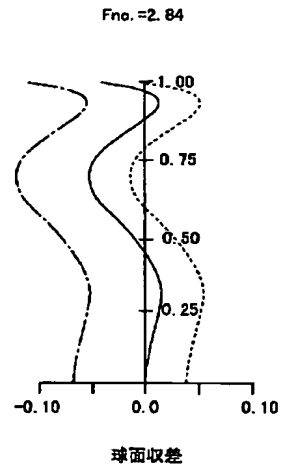
1…撮像レンズ、1A…撮像レンズ、1B…撮像レンズ、1C…撮像レンズ、1D…撮像レンズ、L1…第1レンズ、L2…第2レンズ、IMG…像面

【図1】

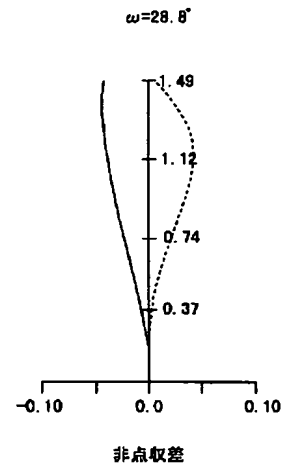


1…撮像レンズ
L1…第1レンズ
L2…第2レンズ
IMG…像面

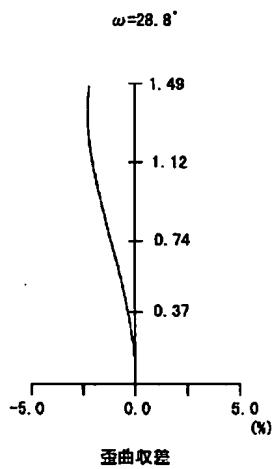
【図2】



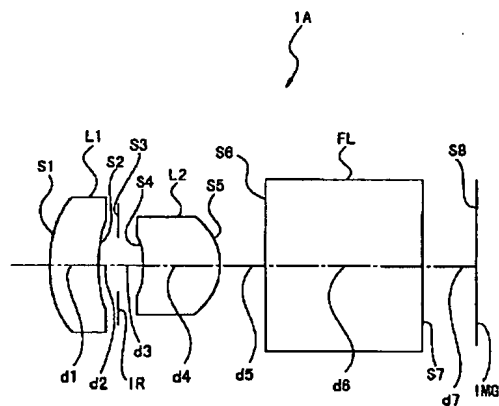
【図3】



【図4】

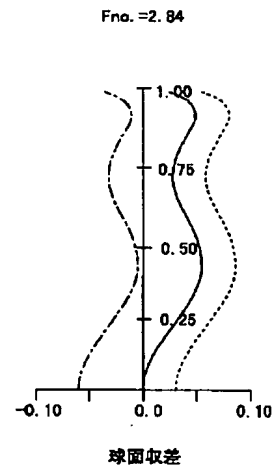


【図5】

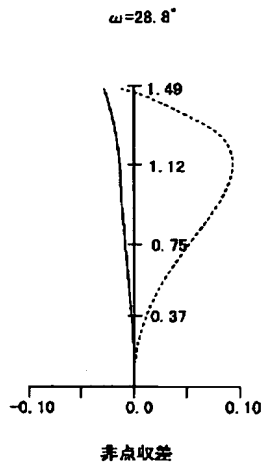


1A…撮像レンズ
L1…第1レンズ
L2…第2レンズ
IMG…像面

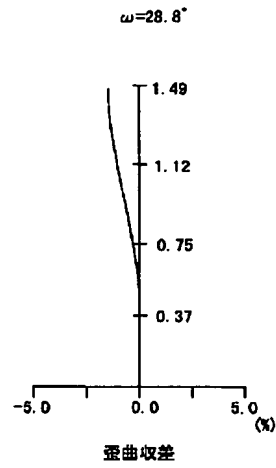
【図6】



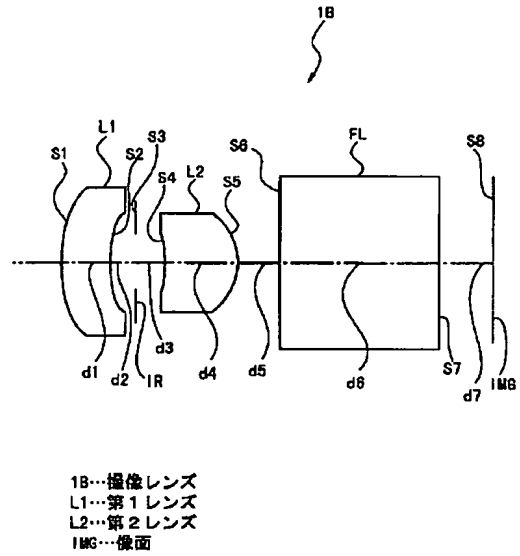
【図7】



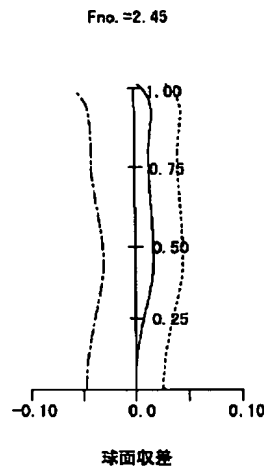
【図8】



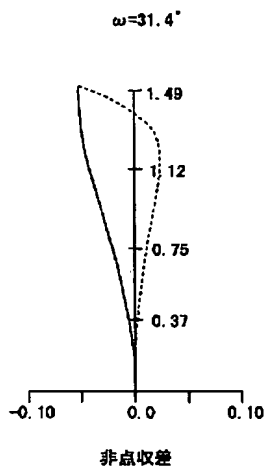
【図9】



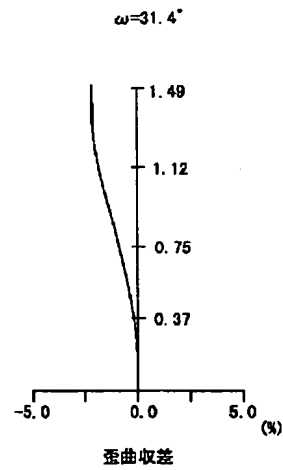
【図10】



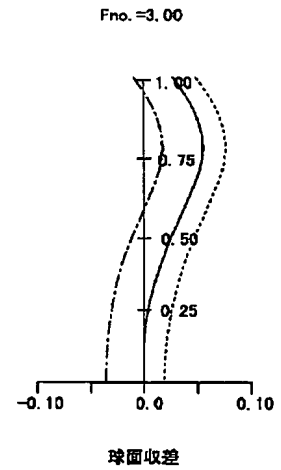
【図11】



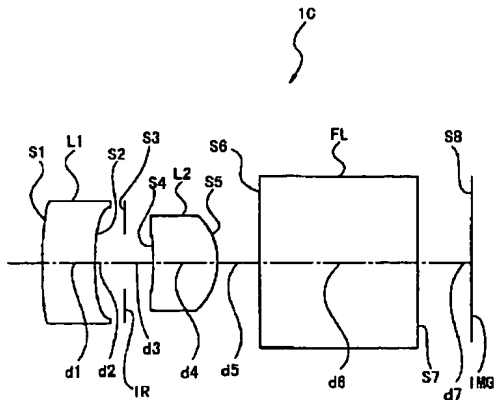
【図12】



【図14】

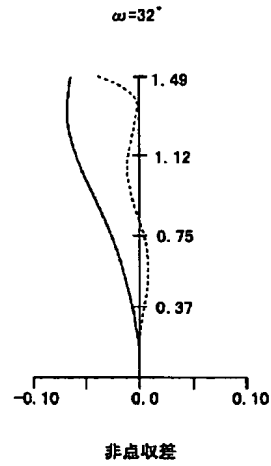


【図13】

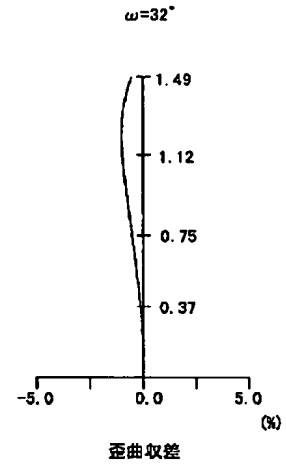


1C…撮像レンズ
L1…第1レンズ
L2…第2レンズ
IMG…像面

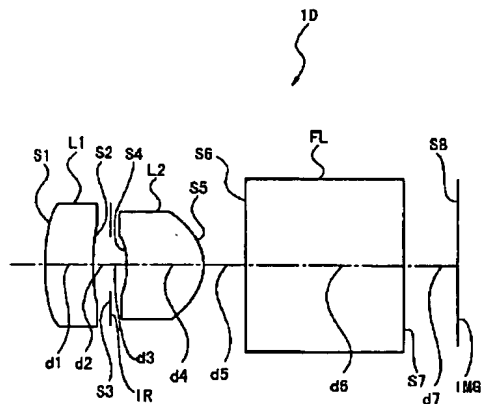
【図15】



【図16】

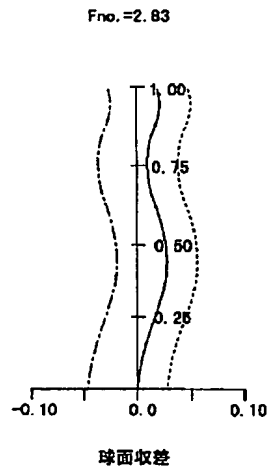


【図17】

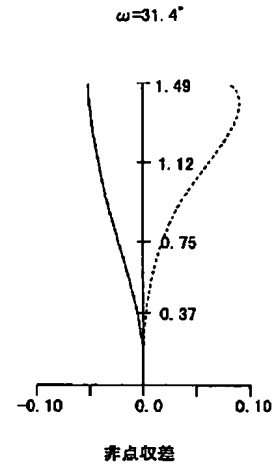


1D…撮像レンズ
L1…第1レンズ
L2…第2レンズ
IMG…像面

【図18】



【図19】



【図20】

$$\omega = 31.4^\circ$$

